

Article, Published Version

**Fröhlich, J.**

## **Fahrdynamische Messungen an Schiffen - ein Beitrag zur optimalen Nutzung von Binnenschiffen**

Mitteilungen der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau; Schriftenreihe Binnenschifffahrt

---

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/105587>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Fröhlich, J. (1988): Fahrdynamische Messungen an Schiffen - ein Beitrag zur optimalen Nutzung von Binnenschiffen. In: Mitteilungen der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau; Schriftenreihe Binnenschifffahrt 2. Berlin: Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau. S. 81-90.

### **Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:**

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



# Fahrdynamische Messungen an Schiffen – ein Beitrag zur optimalen Nutzung von Binnenschiffen.

Dipl.-Ing. J. Fröhlich (KdT)

VEB Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau/WTZ des VE KBW

## 1. Einleitung

Der Binnenschifffahrt der DDR wurde die Aufgabe gestellt, mehr Güter zu befördern und gleichzeitig höhere Transportleistungen zu erzielen. Die Lösung dieser Aufgabe bei nahezu gleichbleibendem Flottenbestand und relativ unveränderter Arbeitskräfteanzahl und den gegebenen Wasserstraßenbedingungen zwingt den energiegunstigen Verkehrsträger Binnenschifffahrt zur rationellen Gestaltung des Verkehrsablaufs und der Umschlagprozesse. Dazu sind alle Reserven in der Arbeitsorganisation und in der Schifffahrtstechnologie auszuerschöpfen. Hierunter fallen u. a. solche Maßnahmen wie die Einführung des 24-Stundenbetriebes in der Binnenschifffahrt, der Einsatz größerer Schiffsverbände und die Erschließung von Tauchtiefenreserven durch die Minimierung der Flottwassergrößen.

Die Zulassung längerer und breiterer Schiffsverbände kann nur bei Gewährleistung der Verkehrssicherheit erfolgen und bedarf deshalb einer gründlichen wissenschaftlichen Abklärung der Wechselbeziehungen zwischen Schiff und Binnenwasserstraße. Diesbezüglich wurden von der Abteilung Entwicklung der Wasserstraßen im VEB Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau seit längerer Zeit Versuchsfahrten mit naturgroßen Motorgüterschiffen und Schiffsverbänden durchgeführt. Die Informationen über den Fahrtverlauf wurden in auswertbaren Meßbildern festgehalten.

Der vorliegende Beitrag vermittelt einen Überblick über die vorgenannte Problematik und geht insbesondere auf die rationelle Meß- und Auswerttechnik und die rechnergestützte Weiterverarbeitung von Meßbildwerten ein, ohne die der umfangreiche Datenanfall nicht bewältigt werden konnte.

## 2. Zielstellung durchgeführter Versuchsfahrten

Die Versuchsfahrten galten dem Studium des Fahr- und Manövrierverhaltens von Einzelschiffen und Schiffsverbänden auf beschränktem Fahrwasser. Sie trugen zur Lösung der Probleme unter Berücksichtigung der Verkehrssicherheit bei. Die gewonnenen Erkenntnisse sind gleichzeitig eine wertvolle Grundlage für die Erarbeitung allgemeingültiger Bemessungs- und Ausbaurichtlinien der Wasserstraßen; sie werden darüber hinaus in Verkehrsvorschriften aufgenommen und können für die fachliche Weiterbildung der Schiffsführer genutzt werden.

Die bisherigen Versuchsfahrten dienten vorrangig:

- der Ermittlung des Fahr- und Manövrierverhaltens von Dreier- und Viererschubverbänden mit verschiedenen Schubschifftypen auf ausgewählten geraden Kanalstrecken und in Krümmen mit unterschiedlichen Radien bei Solofahrt und Begegnungen mit dem Ziel, längere Schubverbände einzusetzen /1, 2, 3/;
- der Ermittlung des Fahr- und Manövrierverhaltens sowie der erforderlichen Fahrwasserbreite für Schiffsverbände unterschiedlicher Formationsbildung (8,2 m bzw. 16,4 m Breite, 119 m bis 186 m Länge) in der Fahrt zu Berg und zu Tal auf der Elbe-Strecke E 8 mit schwierig zu befahrenden Krümmen und Übergängen /4/. Die Ergebnisse einer der 10 in diesem Bereich durchgeführten Versuchsfahrten sind in den Bildern 1 und 2 dargestellt;
- die Wirksamkeit von passiven Bugruderanlagen generell festzustellen;
- der Ermittlung des Fahr- und Manövrierverhaltens von Schubverbänden in einer Kanalkrümme unter Zuhilfenahme des Bugruders und sein Einfluß auf die Verringerung der benötigten Fahrbahn- bzw. Fahrspurbreite;
- der Erfassung fahrdynamischer Parameter von Schubverbänden bei der Einleitung von Ausweichmanövern, insbesondere der Fahrweglänge für ein zu erreichendes Maß der Querversetzung /1/;
- die Größe der Wasserspiegel- und Schiffsabsenkung für Motorgüterschiffe und Schubverbände in Abhängigkeit von ihrer Geschwindigkeit festzustellen.

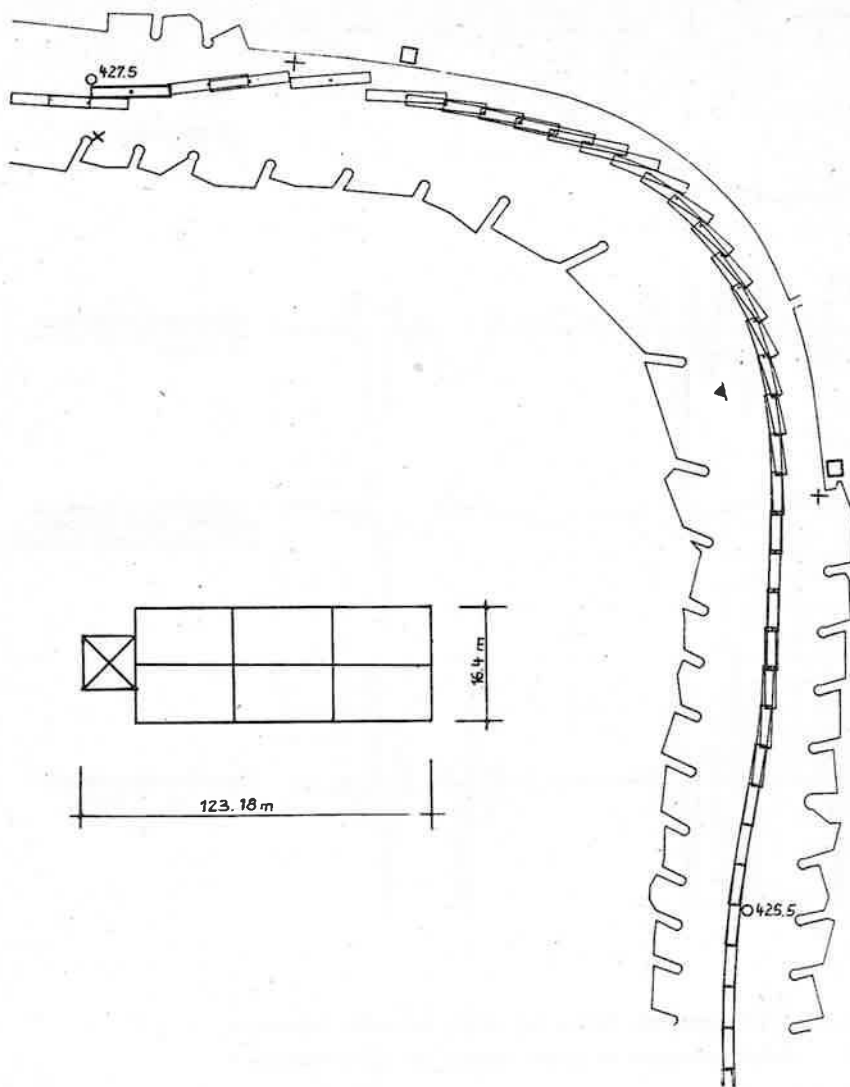


Bild 1 Fahrtverlauf eines talwärts fahrenden Schubverbandes in einer Krümme der Elbe-Strecke 8 mit Stromübergang /4/

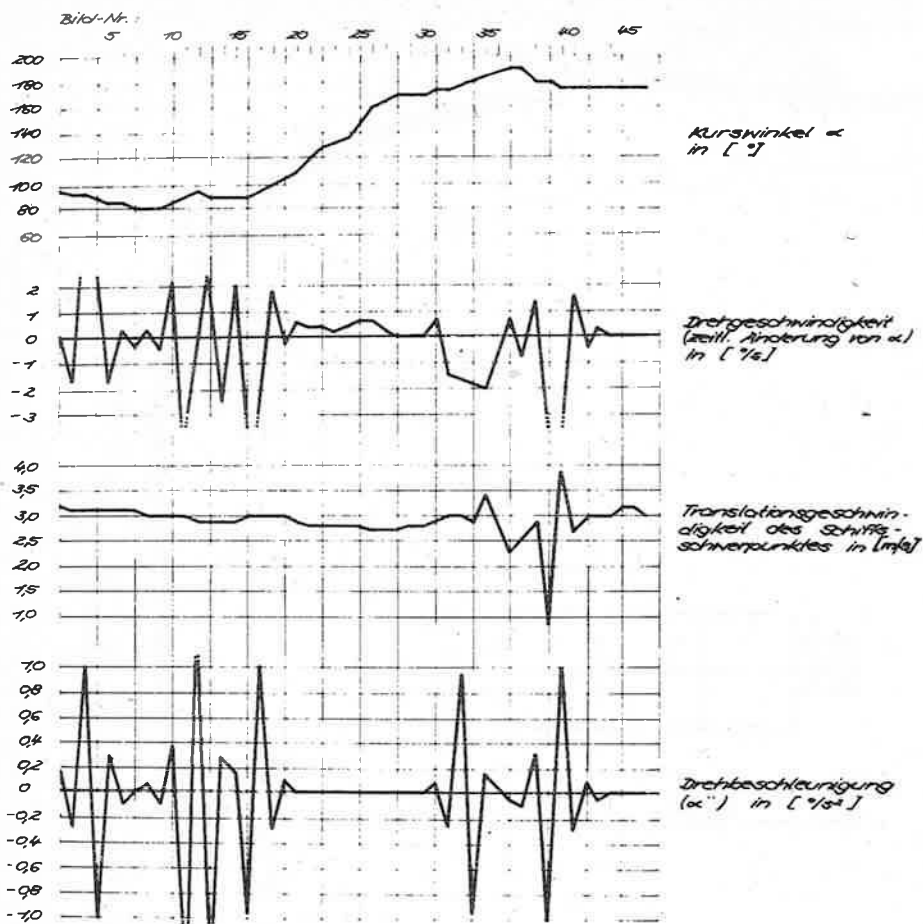
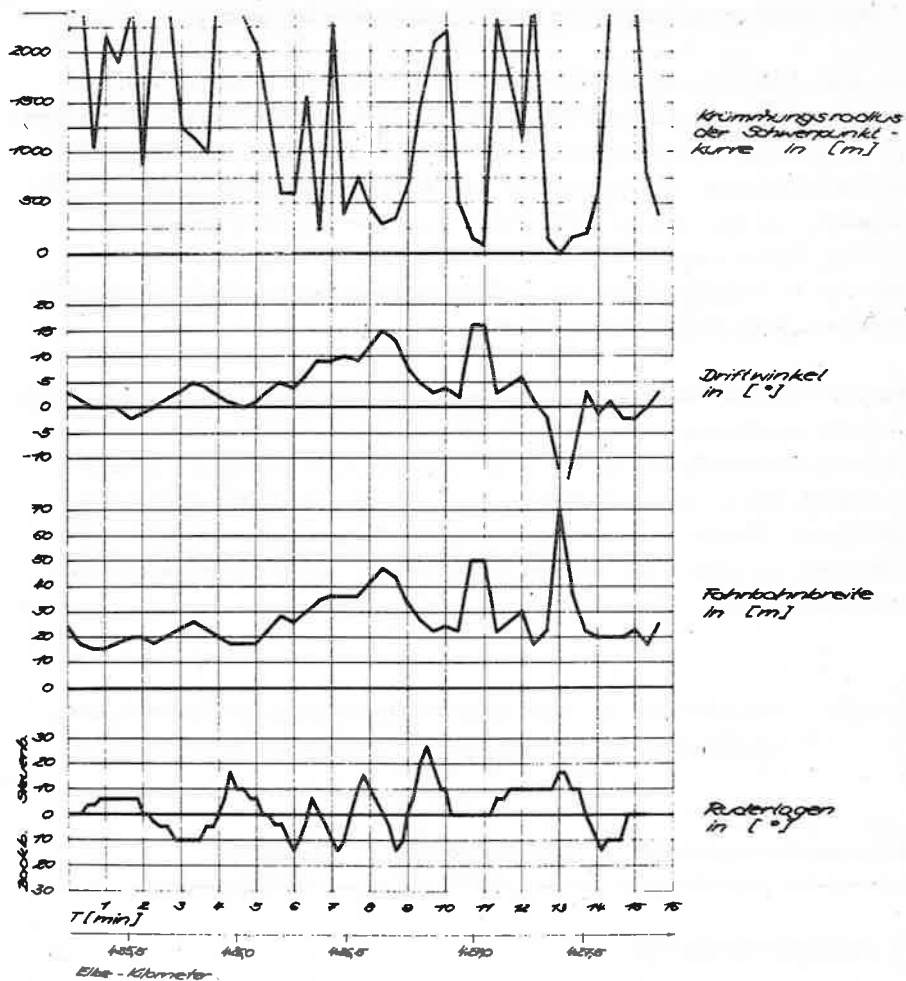


Bild 2 Fahrdynamische Parameter eines talwärts fahrenden Schubverbandes in einer Krümme der Elbe-Strecke 8



### 3. Meßverfahren und rechnergestützte Ermittlung fahrdynamischer Parameter

Bei dem angewandten Meßverfahren, das in /1/ ausführlich beschrieben ist, wird eine Universalmeßkammer UMK 10/1318 auf dem Versuchsfahrzeug installiert. In festgelegten Zeitintervallen werden terrestrisch-photogrammetrische Meßbilder aufgenommen, die ausgewertet präzise Angaben über den jeweiligen UMK-Standort, die Lage und die fahrdynamischen Größen des Versuchsfahrzeuges liefern. Werden gleichzeitig die Ruderlagen erfasst, lassen sich Aussagen über die Manövrierfähigkeit des Versuchsfahrzeuges beim Durchfahren der Meßstrecke auf der Wasserstraße treffen.

Für die Meßbildaufnahme und die Bildauswertung wurden die vom VEB Carl Zeiss Jena für die Photogrammetrie entwickelten Geräte eingesetzt. Zur rechnergestützten Weiterverarbeitung der Daten stand ein Kleinrechner KRS 4200 zur Verfügung. Die erforderliche Software wurde in der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau entwickelt. Die grafische Darstellung der Ergebnisse erfolgte teils durch Rechnerausdrucke, teils mittels eines Digitalzeichentisches.

Tabelle:    Arbeitsstufen zur Bestimmung und Darstellung des Fahrtverlaufs  
             und fahrdynamischer Parameter von Binnenschiffen

Arbeitsstufe/Aktivitäten	Meß-, Auswertegeräte	Ergebnisse
<u>1. Vorbereitungsarbeiten</u>		
- Anbringen und Einmessen von Paßpunkten am Ufer	Bandmaß, Theodolit bzw. Recota	Paßpunktkoordinaten im geodätischen Koordinatensystem
- Einmessen von Kammerstandpunkt und einer Mire auf dem Versuchsfahrzeug	Bandmaß	Lagebeziehung von Mire und Kammerstandpunkt auf dem Versuchsfahrzeug

Arbeitsstufe/Aktivitäten	Meß-, Auswertegeräte	Ergebnisse
<u>2. Bildaufnahme</u>		
- Aufstellen des Bildaufnahmegerätes	Universalmeßkammer UMK 10/1318 mit Platten- bzw. Filmadapter vom VEB Carl Zeiss Jena	-
- Aufnahme einer Folge von Einbildaufnahmen während der Bewegung des Versuchsfahrzeuges	UMK 10/1318	belichtete Fotoplatten, Format 13 x 18 cm bzw. Rollfilm VF 35, Filmbreite 19 cm
<u>3. Bildausmessung</u>		
- Entwickeln der Fotoplatten bzw. des Films	geeignetes Fotolabor	Meßbildnegative als Informationsträger
- Bildausmessung	Stecometer mit Coordimeter (bzw. Topocart D mit Coordimeter H)	Bildkoordinaten von Rahmenmarken, Meßbildpunkten (Abbildungen von Paßpunkten und Mire). Direkte Datenausgabe über Coordimeter auf Lochstreifen
- Datenausgabe über Peripherie	Drucker	lesbare Darstellung der Bildkoordinaten zur Kontrolle und zum Erkennen grober Fehler
	Lochstreifenstanzer	Lochstreifen mit digitaler Darstellung der Bildkoordinaten. Geeignet zur rechnergestützten Weiterverarbeitung der Daten
<u>4. Rechnergestützte Weiterverarbeitung der Daten</u>		
- Erkennen grober Fehler bei der Ausmessung der doppelt beobachteten Bilder	Kleinrechner KRS 4200 Programmiersprache Fortran  Programm FEHL	geprüfte Daten



- Berechnung der Koordinaten der Schiffseckpunkte, des Schwerpunktes und des Anstiegswinkels der Schiffsachse über die Koordinaten der UMK-Standorte	Programm FA 19	Lochstreifen und Druckerprotokoll
- Berichtigung der Datei für FA 19	Programm BERI	Lochstreifen und Druckerprotokoll
- Berechnung von Geschwindigkeiten, Beschleunigungen, Krümmungsradien der Schwerpunktkurve, Driftwinkel, Fahrbahnbreite	Programm WIL 2	Lochstreifen und Druckerprotokoll
- Aufbereitung der Ausgabedaten von WIL 2 für das Programm GRAF	Programm SORT	Lochstreifen
- Grafische Darstellung eines Teils der in WIL 2 berechneten fahrdynamischen Parameter, sowie der Ruderlage als $f(t)$	Programm GRAF	Rechnerausdrucke, grafisch aufgearbeitet
- Grafische Darstellung der berechneten Schiffslagen		
- Registrieren der Koordinaten von Punkten der Uferkonturen bzw. Schifffahrtszeichen aus Wasserstraßenkarten	Präzisionskoordinatograph Coordinometer Drucker bzw. Lochstreifenstanzer	Lochstreifen
- Eingabe der auf Lochstreifen registrierten Koordinaten (Uferkonturen) in das Steuergerät des Digitalzeichentisches und Zeichnen der Uferkonturen	Digitalzeichentisch DZT 90 x 120/RGS vom VEB Carl Zeiss Jena (RGS = rechnergestütztes Stereokartiersystem)	Lageplan mit Darstellung der Uferkonturen im gewünschten Maßstab
- Eingabe der für jedes Meßbild berechneten Koordinaten des Schiffsschwerpunktes und des Anstiegswinkels der der Schiffsachse über Lochstreifen in das RGS zum Zeichnen der Schiffslagen	DZT 90 x 120/RGS	Grafische Darstellung der Ergebnisse über den Fahrtverlauf. Darstellung der zeitlichen Lage des Schiffes in einem Lageplan mit Uferkonturen im gewünschten Maßstab

#### 4. Beispiel für die Auswertung einer Versuchsfahrt

Als Beispiel wurde ein bei Niedrigwasser talwärts fahrender Zwillingsdreier-schubverband mit 16,4 m Breite, 123,18 m Länge bei einem durchschnittlichen Tiefgang von 1,85 m ausgewählt. Die 6 Prahme hatten die Abmessungen 32,5 m x 8,2 m, das Stromschubschiff SSS 2507 25,65 m x 8,2 m /4/.

Der Schubverband fuhr in der Krümme relativ dicht am Ufer entlang; minimaler Abstand von der Uferlinie ca. 20 m. Bild 2 zeigt die bei der Fahrt des Schubverbands ermittelten Werte für die fahrdynamischen Parameter:

- Kurswinkel;
- Drehgeschwindigkeit;
- Drehbeschleunigung;
- Translationsgeschwindigkeit des Schiffsschwerpunkts;
- Krümmungsradius der Schwerpunktkurve;
- Driftwinkel;
- Fahrbahnbreite;
- Ruderlagen.

Der stetige Verlauf der Fahrt spiegelt sich im Verlauf des Kurswinkels wider. Die Ruderlagen schwankten zwischen 16° BB und 24° StB.

Die mittleren Fahrgeschwindigkeiten lagen bei 3,1 m/s bis 2,9 m/s bzw. 11,2 km/h bis 10,4 km/h. Im Scheitel der Krümme, infolge des größeren Schiffswiderstandes bei größerem Driftwinkel, lagen die Werte bei 2,8 m/s bis 2,7 m/s bzw. 10,1 km/h bis 9,7 km/h.

Der maximale Driftwinkel betrug 16° und die benötigte Fahrbahnbreite bei Elbe-km 426,6 46 m und bei Elbe-km 427,0 50 m. Die mit 50 m Breite ausgesteckte Fahrwasserbreite wurde bei dieser Fahrt voll ausgeschöpft. Ab Elbe-km 427,1 talwärts (Meßbild-Nr. 34 bis 42) erfolgte ein weiträumiges Umfahren der am rechten Ufer vorhandenen Untiefen (Einnündung, Wehrgruppe Neuwerben). Der Schubverband wechselte die Fahrwasserseite. Diese in Bild 1 lageplanmäßig verfolgbare Änderung des Fahrtverlaufs spiegelt sich in der Änderung der Fahrtparameter (Bild 2) eindeutig wider.

## 5. Zusammenfassung

Mit dem Beitrag soll gezeigt werden, wie mit Hilfe terrestrisch-photogrammetrischer Meß- und Auswertetechnik sowie einer rechnergestützten Weiterverarbeitung von Meßdaten, Aussagen über das Fahr- und Manövrierverhalten von Binnenschiffen auf den Binnenwasserstraßen getroffen werden können. Die gewonnenen Werte tragen dazu bei, bei hoher Verkehrssicherheit, Maßnahmen zum optimalen Schiffseinsatz einzuleiten.

## Literaturverzeichnis

- /1/ FRÖHLICH, J.; KLÜSSENDORF-MEDIGER, J.:  
Ermittlung der Sicherheit auf Binnenwasserstraßen durch Auswertung terrestrisch-photogrammetrischer Meßbilder  
Beitrag zum XXIV. Internationalen Schifffahrtkongreß,  
Leningrad 1977, Sektion I, Thema 1  
Mitteilungen der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau, Heft 43, S. 37 - 42
  
- /2/ FRÖHLICH, J.; KLÜSSENDORF-MEDIGER, J.:  
Probleme des Manövrierens großer Schubverbände in Kanälen  
Beitrag zum XXV. Internationalen Schifffahrtkongreß,  
Edinburgh 1981  
Mitteilungen der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau, Heft 47, S. 101 - 112
  
- /3/ FRÖHLICH, J.:  
Erhöhung der Effektivität und Sicherheit des Binnenschiffstransports unter Berücksichtigung der Wechselbeziehungen zwischen Schiff und Wasserstraße  
Vortrag auf der Wissenschaftlichen Konferenz Binnenschifffahrt und Wasserstraßen, Berlin 30. 6. 1983, unveröffentlicht
  
- /4/ MAUER, B.:  
Ermittlung des Fahrverhaltens von Schiffen auf der Elbestrecke 8  
F/E-Bericht, VEB Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau, 1985, unveröffentlicht